

④ 7

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-260208

⑬ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和61年(1986)11月18日

G 02 B 6/30
// G 02 B 6/12

7529-2H
8507-2H

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑮ 発明の名称 ファイバ・ガイド付光導波路

⑯ 特 願 昭60-101530

⑰ 出 願 昭60(1985)5月15日

⑱ 発 明 者 山 田 泰 文 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内
⑱ 発 明 者 河 内 正 夫 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内
⑱ 発 明 者 姫 野 明 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内
⑱ 発 明 者 小 林 盛 男 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内
⑲ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号
⑳ 代 理 人 弁理士 谷 義 一

明 細 書

1. 発明の名称

ファイバ・ガイド付光導波路

2. 特許請求の範囲

基板上に形成された光導波路と、該光導波路の端部に形成され光ファイバを嵌合、固定して該光ファイバと前記光導波路を光学的に接続するファイバ・ガイドを有するファイバ・ガイド付光導波路において、ファイバ・ガイドの間隔が光導波路端部に近い側ではファイバ径より小さくなく、光導波路端部より遠い側では光ファイバ径より小さいことを特徴とするファイバ・ガイド付光導波路。

(以 下 余 白)

3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

本発明は光通信において必要な光ファイバと光導波路との直接接続を容易としたファイバ・ガイド付光導波路に関するものである。

[開示の概要]

本発明はファイバ・ガイド付光導波路において、ファイバ・ガイドの間隔を光導波路端部に近い側で広く、遠い側で狭いテーパ状とすることにより、ファイバ・導波路間の精密位置合せを容易に達成する技術を開示するものである。

なお、この概要はあくまでも本発明の技術内容に迅速にアクセスするためにのみ供されるものであって、本発明の技術的範囲および権利解釈に対しては何の影響も及ぼさないものである。

[従来の技術]

光導波回路は、光合分波器、光スイッチ等の光通信、光信号処理用回路への適用が期待されるが、このためにはこれら光回路と光ファイバとの容易で、かつ信頼性の高い接続法が求められてい

る。従来は第2図のようにただ単に光ファイバ端面と光導波路端面とを直接つき合わせて接続する方法が用いられてきた。図中、1はファイバ、2は基板、3は光導波路である。しかし、この方法には

- (i) 接続に先立ち導波路端面の切断ならびに研磨が必要であること、
 - (ii) 光ファイバと光導波路との精密位置合せが必要であること、
 - (iii) 接続部の機械的信頼性に欠けること、
- 等の欠点があった。特に単一モード系光導波路と単一モード系光ファイバとの接続を行う場合、位置合せ精度 $1\mu\text{m}$ 以内、角度合わせ精度 1° 以内の極めて高精度の位置合せが必要であり、したがって、従来の直接つき合わせ法では光ファイバと光導波路との位置合せに非常に長い時間を要する。さらに、仮に、精密位置合せが達成できたとしても次の段階のファイバと光導波路との、固定の際に軸ずれが生じる可能性は大である。つまり、ファイバと光導波路との固定には、接着剤が

法によれば従来の直接つき合わせ法の問題点が解決でき、光導波路端面の切断・研磨および光ファイバと光導波路の位置合せの工程なしに、光ファイバと光導波路との高効率、かつ信頼性の高い接続が可能となる。ところで、今、光導波路のバッファ層厚 d_1 、コア層厚 d_2 とすると、このガイドの間隔 w は、次の寸法に設定する必要がある。

$$w = 2(d_1 + d_2 / 2) \quad (1)$$

したがって、製作した光導波路の膜厚(d_1 または d_2) が異なると、それに応じてガイド間隔を変える必要がある。通常、ガイド間隔 w は、フォトマスク・パタンの寸法できまり、調整できないので、この場合は光導波路の膜厚を常に一定にしておかなくてはならない。したがって、ファイバ・ガイド付光導波路を製作する場合、光導波路及びガイドの寸法精度を高めなくてはならない。特に単一モード系光導波路の場合、寸法誤差の許容量は $1\mu\text{m}$ 以下と小さいので極めて高精度の加工を

用いられることが一般的であるが、従来方法では、接着剤が固まる際に軸ずれが生じやすいのである。以上のように、従来の端面接続法では実用性のある光導波回路を製作するのは困難である。

これら従来の直接つき合わせ法の問題点を解決する方法として、光導波路基板上に光ファイバ位置合せ用の2本の平行なガイドを形成し、このガイドを利用して接続を行う接続法がある〔特願昭58-125899号及びY. Yamada et al., Electron. Lett., 20(1984)313〕。

第3図は、この方法の説明図であり、1はファイバ、2は基板、3は光導波路、4はファイバ・ガイドである。第4図はファイバ挿入時の光ファイバ1、光導波路3、ファイバ・ガイド4の位置関係を示す断面図である。3aは光導波路コア層、3bはバッファ層、1aは光ファイバ・コア部、1bはクラッド層であり、光ファイバを挿入すれば光ファイバのコア部1aと光導波路のコア層3aとが一致するように製作してある。したがって、この方

行う必要があり、光回路製作の歩留りが低くなるという問題がある。

〔発明が解決しようとする問題点〕

本発明の目的は、ファイバ・ガイド付光導波路の許容寸法誤差が極めて小さいという問題点を解決し、単一モード系光回路製作時にも寸法誤差許容量が大きくとれ、歩留りの高いファイバ・ガイド付光導波路を提供することにある。

〔問題点を解決するための手段〕

そのために本発明はファイバ・ガイド付光導波路において、ファイバ位置決め用のガイドの間隔にテーパを付け光導波路端部に近い側のガイド間隔を遠い側のファイバ・ガイド間隔より広くしたものである。

〔作用〕

本発明ではファイバ・ガイドの中心線が光導波路の中心と一致し、かつ光ファイバ・ガイド間隔が光導波路端部に近い側では光ファイバ径より小さくなく、光導波路端部より遠い側では光ファイバ径より小さくしてあるので、このガイドに

よって光ファイバを案内すれば、光ファイバと光導波路の中心を容易に一致させることができる。

[実施例]

以下、図面を参照して本発明を詳細に説明する。

第1図は本発明の一実施例であるファイバ・ガイド付光導波路を説明する斜視図であって、1は光ファイバ、2は基板、3は光導波路、4はファイバ・ガイドである。ファイバ・ガイド4の間隔は光導波路3に近い側で広く反対側で狭いテーパ状になっている。第5図はこのテーパ構造を製作するために用いるフォトリソマスクパタンの一例を示す。なお、同図中の一点鎖線00'はファイバ及びガイド間隔の中心線を示す。ファイバ・ガイド間隔は広い部分を $W_1 \mu\text{m}$ 、狭い部分を $W_2 \mu\text{m}$ とする。また $W_1 \mu\text{m}$ の部分の長さは $L_1 \mu\text{m}$ 、 $W_2 \mu\text{m}$ の部分の長さは $L_2 \mu\text{m}$ 、テーパ部の長さは $L_t \mu\text{m}$ とする。さらに、光導波路3の幅は $W_0 \mu\text{m}$ とする。次に、

ファイバ中心の位置は第5図の中心線00'上にある。第8図(b)はガイドのテーパ領域においてガイド間隔が D_1 に一致した時の状態を示している。この時、ファイバはガイド中に収まる。コア中心は、やはり、第5図の中心線00'上になっている。第8図(c)はガイド間隔 W_1 の領域を示している。この領域では、ファイバ3は基板に接触する。

D_1 は(2)式のように設定しているので、高さ方向はファイバのコアと導波路のコアとが一致する。一方、ガイド幅 W_1 がファイバ外径 D_1 より広い場合、この領域では横方向の位置決め作用がない。しかし、第8図(a),(b)に示したように、これらの領域でファイバ・コアの中心が中心線00'上にあるようになっていたので、第8図(c)の状態においても、ファイバ中心は中心線00'上にのる。したがって、同図のようにファイバ・コア1aと導波路コア3との位置合せができる。以上のような機能により、ファイバの位置決めがなされるので、本実施例のガイドを用いればファイバ外径 D_1 が $W_2 < D_1 \leq W_1$ をみたす範囲で第5

第6図を用いて、このテーパ状ファイバ・ガイドの機能を説明する。第6図において1aはファイバ・コア部、1bはファイバ・クラッド層、3aは導波路コア層、3bは導波路バッファ層である。また図中の記号の D_1 は、光ファイバ1の外径、 D_2 は光ファイバのコア直径である。 d_1 は、光導波路3のバッファ層厚、 d_2 は光導波路3のコア層厚である。ファイバ外径 D_1 は導波路3のコア層3a及びバッファ層3bの厚さに合わせて、あらかじめ

$$D_1 = 2(d_1 + d_2 / 2) \quad (2)$$

に設定しておく。この D_1 の値は $W_2 < D_1 \leq W_1$ の範囲とする。このファイバをガイド中に挿入すると、以下のようにしてファイバ・導波路間の位置決めができる。第6図(a)はファイバがガイド間隔 $W_2 \mu\text{m}$ の狭い領域にある時を示している。ファイバ外径 D_1 はガイド間隔 W_2 より大きいので、ファイバは同図のようにガイドの上に乗った状態となっている。しかし、ファイバのコ

図のマスクパタンが適用できる。したがって(2)式から、この範囲で導波路膜厚 d_1 及び d_2 の設定許容度が広がるわけである。

このようなファイバ・ガイド付光導波路を石英系光導波路を用いて形成するには例えば次のようにすればよい。はじめにSi基板上に、バッファ層、コア層、クラッド層の3層構造の石英系光導波膜を形成する。これには例えば SiCl_4 、 GeCl_4 、 TiCl_4 の火炎加水分解反応により SiO_2 、 GeO_2 、 TiO_2 等のガラス微粒子を基板上に堆積した後、透明化して光導波膜とする火炎直接堆積法[M. Kawachi, et al, Jpn. J. Appl. Phys., 22(1983), 1932]を用いればよい。次に、第5図のようなフォトリソマスクパタンを用いた反応性イオンエッチングにより、不要部分の石英系光導波膜を除去し、第4図のような光回路パタンを形成する。なお、Si基板が露出すると、それ以上エッチングは進まなくなる。次に、形成した石英系光導波路の膜厚に合わせて(2)式に従って接続するファイバの外径を決定し、ファイバ外径

をこの値に設定する。このためには通常のファイバの端部をフッ酸につけてエッチングすればよい。この際、ファイバ外径は線径モニタ等の使用により、 $1\mu\text{m}$ 以内の精度で所望の値に設定できる。次に、このような方法で製作したファイバ・ガイド付石英系光導波路を用いた接続実験の結果を述べる。用いたフォトマスクの寸法は第5図において、 $w_0 = 8\mu\text{m}$ 、 $d_1 = 1000\mu\text{m}$ 、 $d_0 = 3500\mu\text{m}$ 、 $d_2 = 500\mu\text{m}$ 、 $w_1 = 70\mu\text{m}$ 、 $w_2 = 50\mu\text{m}$ と設定した。3種類の光導波路を製作した。その膜厚は

i) バッファ層 $d_1 = 25\mu\text{m}$

ii) $d_1 = 27\mu\text{m}$

iii) $d_1 = 30\mu\text{m}$ でありコア層厚 d_2 は3種類とも $d_2 = 8\mu\text{m}$ とした。これに対応して用いた光ファイバはコア径 $r_2 = 8\mu\text{m}$ であり、その外径は(2)式に従って、i) $D_1 = 58\mu\text{m}$ 、ii) $D_1 = 80\mu\text{m}$ 、iii) $D_1 = 88\mu\text{m}$ とした。これらを用いた結果、3種類とも0.5dB程度の接続損失でファイバ導波路間の接続ができた。

導波路を製作する場合、光導波路コア層を $8\mu\text{m}$ とすれば、バッファ層は $27 \pm 1\mu\text{m}$ の範囲に設定しなくてはならない。また、ボタンやせも $1\mu\text{m}$ 以下に抑える必要があり、極めて高い加工精度が要求される。

第7図は、本発明の別の実施例であり、埋め込み導波路に適用した例である。4aは本発明のテーパ状ファイバ・ガイドであって、光導波路のクラッド層の一部をファイバ・ガイド^としたものである。このタイプのファイバ・ガイド付埋め込み導波路を形成するには、例えば、第8図のようになればよい。この図はSi基板上に形成した石英光導波路の例である。はじめに火炎直接堆積法とそれにひきつづく反応性イオンエッチングにより第8図(a)のボタンを形成する。このとき、バッファ層厚 d_1 、コア層厚 d_2 とする。次いで、第8図(b)のように再び火炎直接堆積法を行い、クラッド層3cによりコア層3aを埋め込む。次いで、第8図(c)のようなフォトマスクを用いて反応性イオンエッチングを行うことにより第8図に示した

このように、本発明によれば、1枚のフォトマスクに対して、導波路の膜厚の設定値の許容範囲が大きくとれるというメリットがある。上記実施例の場合、単一モード系の光ファイバと光導波路の接続に際して導波路の膜厚の許容設定範囲は少なくとも $10\mu\text{m}$ はとれることがわかる。また、本発明によれば、反応性イオンエッチングにより光導波路を製作する工程で生じることがあるボタンやせ(仕上りボタン幅が設計値より狭くなること)に対しても許容度が大きくなるという効果がある。何故ならばボタンやせの結果、ファイバ・ガイド間隔がフォトマスクボタンより広くなったとしても第8図に示した状況は変わらないので、常にファイバ・コア部は中心線上に来るからである。

これに対して、従来のファイバ・ガイドの場合、特にこれを単一モード系に適用する場合は、導波路厚さ、ボタンやせともに許容範囲は著しく狭くなる。例えばフォトマスクボタンでファイバ・ガイド間隔を $80\mu\text{m}$ に設定し、単一モード光

ファイバ・ガイド付光導波路が形成できる。このガイド中に外径を $2(d_1 + d_2/2)$ に設定した光ファイバを挿入することにより、前記実施例の第8図と全く同様の原理で自動的に光ファイバ・光導波路間の位置合せが達成できる。また、この光導波路加工に要求される導波路膜厚の設定値の許容範囲が大きくとれること、反応性イオンエッチングに伴うボタンやせ許容量が大きくなるというメリットがあることも、前記実施例と同様である。なお、このタイプのファイバ・ガイド付光導波路は、石英光導波路以外の材質の導波路、例えば、イオン拡散型多成分ガラス光導波路、 LiNbO_3 光導波路等、各種導波路に対しても適用可能である。

[発明の効果]

以上説明したように、本発明のテーパ状のファイバ・ガイドを用いれば光ファイバをファイバ・ガイドに挿入するだけでファイバ・導波路間の精密位置合せが達成できる。しかも、この際、光導波路膜厚の設定時の許容誤差範囲が大きくとれ、

しかも加工時のボタンやせに対してもその許容量が大きくなるという利点がある。したがって、本発明のファイバ・ガイド付光導波路を、単一モード系に適用すれば、歩留りよく、ファイバ接続容易な単一モード光導波路が製作できる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明のファイバ・ガイド付光導波路の実施例の斜視図、

第2図は従来の端面つき合せによる接続法を示す斜視図、

第3図は従来のファイバ・ガイド付光導波路の斜視図、

第4図は第3図の接続部の断面図、

第5図は第1図のボタンを形成するために用いるフォトリソパターンの図、

第6図は本発明のファイバ・ガイドの作用を示す説明用断面図、

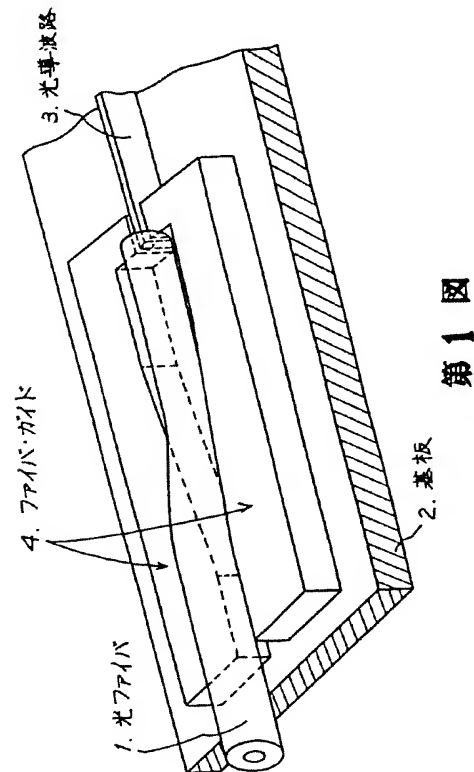
第7図は本発明の別の実施例の斜視図、

第8図は第7図の実施例の光導波路の製作寸法を示す図である。

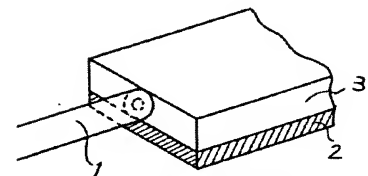
- 1 … 光ファイバ、
- 1a … 光ファイバ・コア部、
- 1b … 光ファイバ・クラッド層、
- 2 … 基板、
- 3 … 光導波路、
- 3a … 光導波路コア層、
- 3b … 光導波路パッド層、
- 3c … 光導波路クラッド層、
- 4, 4a … ファイバ・ガイド。

特許出願人 日本電信電話株式会社

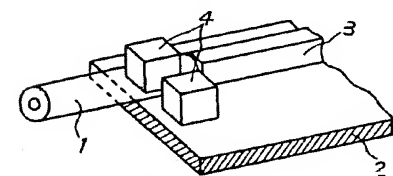
代理人 弁理士 谷 義 一



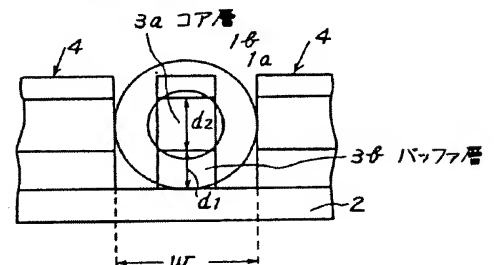
第1図



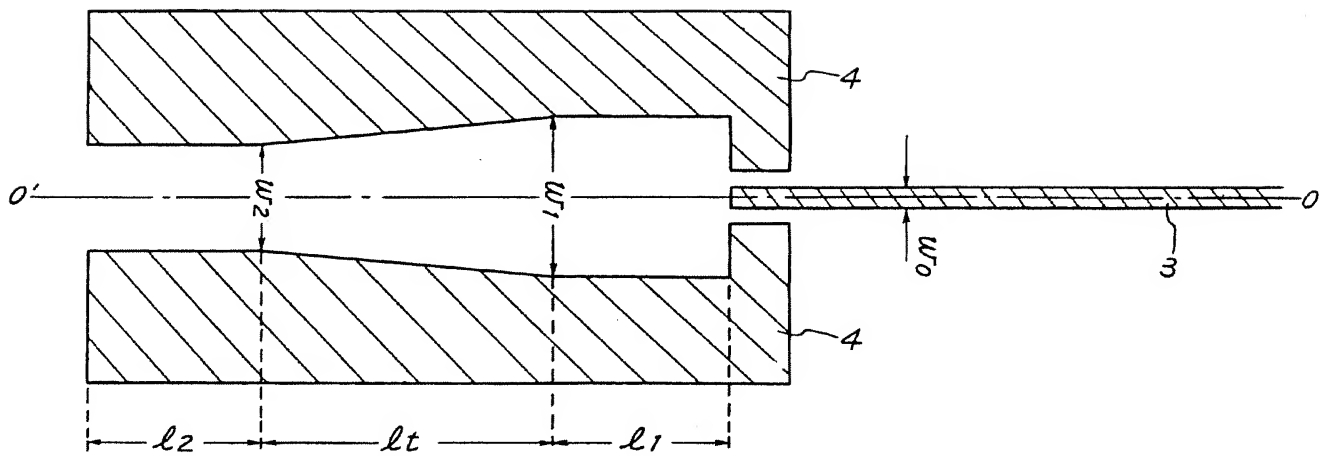
第2図



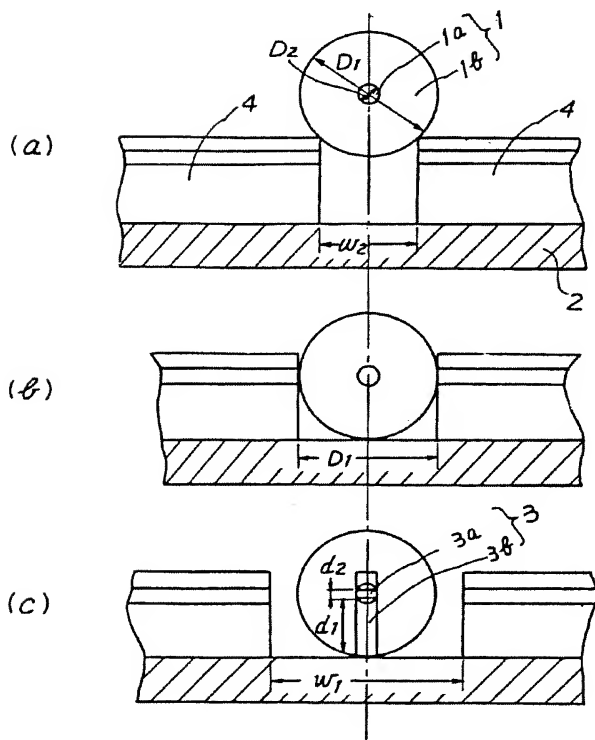
第3図



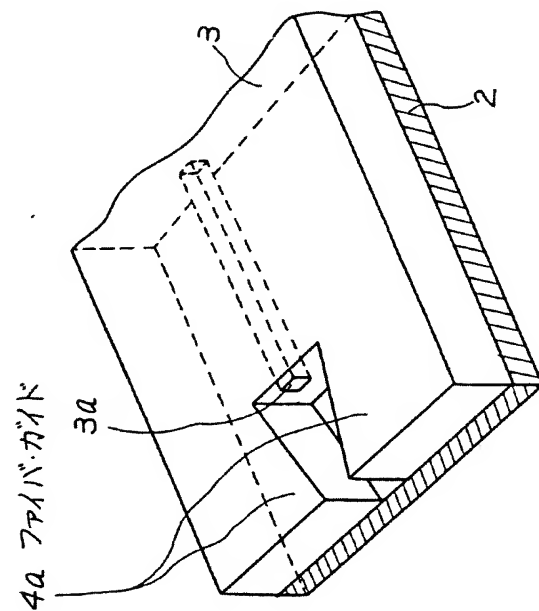
第4図



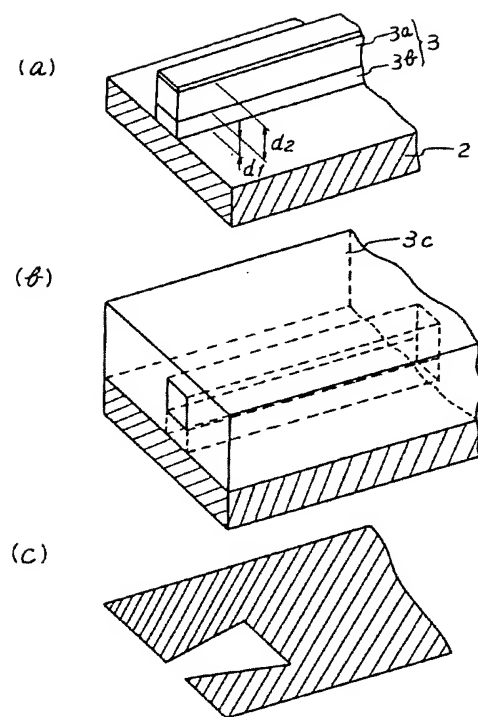
第 5 図



第 6 図



第 7 図



第 8 図